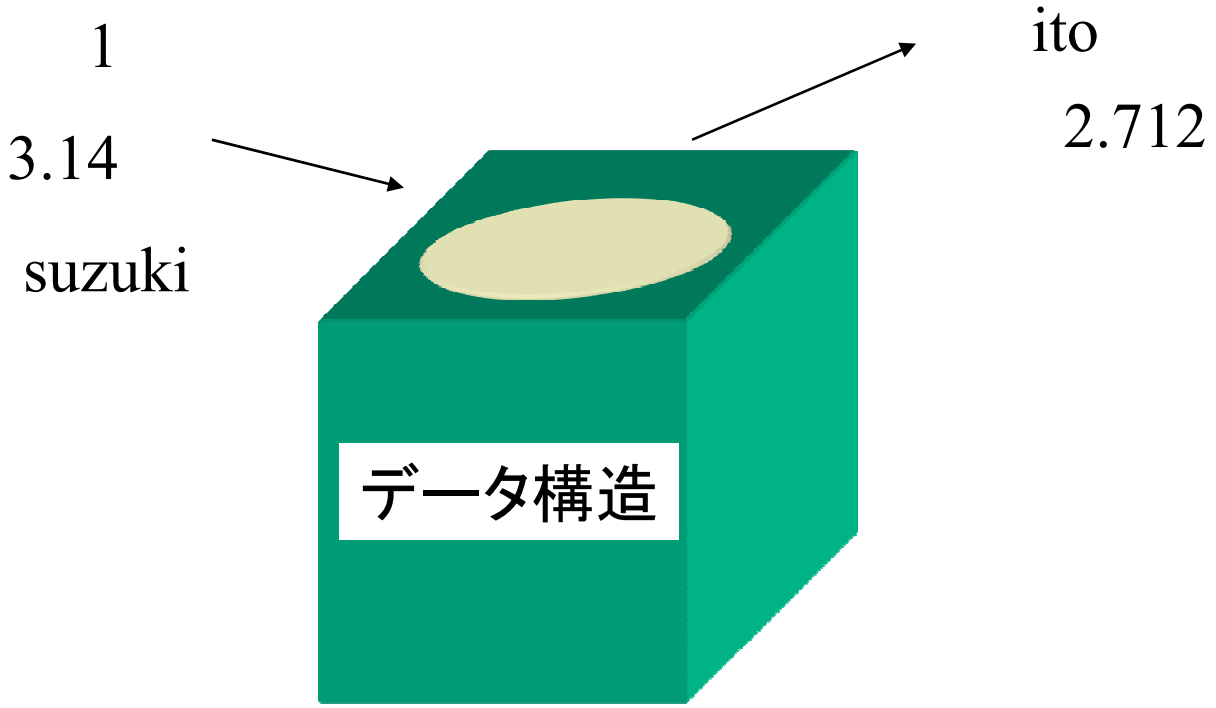
5. データ構造入門

- 5-1. 連結リスト(Linked List)
- 5-2. スタック(Stack)
- 5-3. キュー(Queue)
- 5-4. デク（Double-Ended-Queue)
- 5-5. 抽象データ型（Abstract Data Type)

データ構造とは、

データの保存を効率的に行うもの。

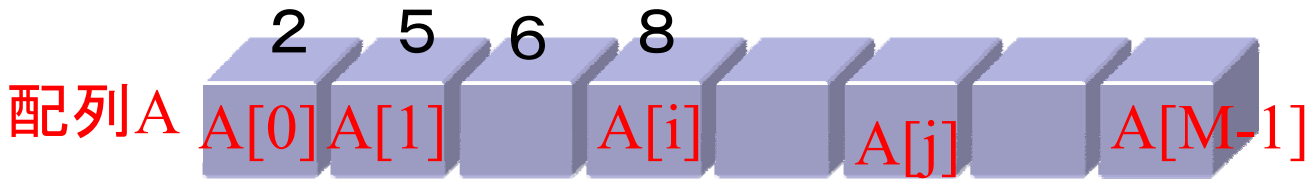


5－1．連結リスト(Linked List)

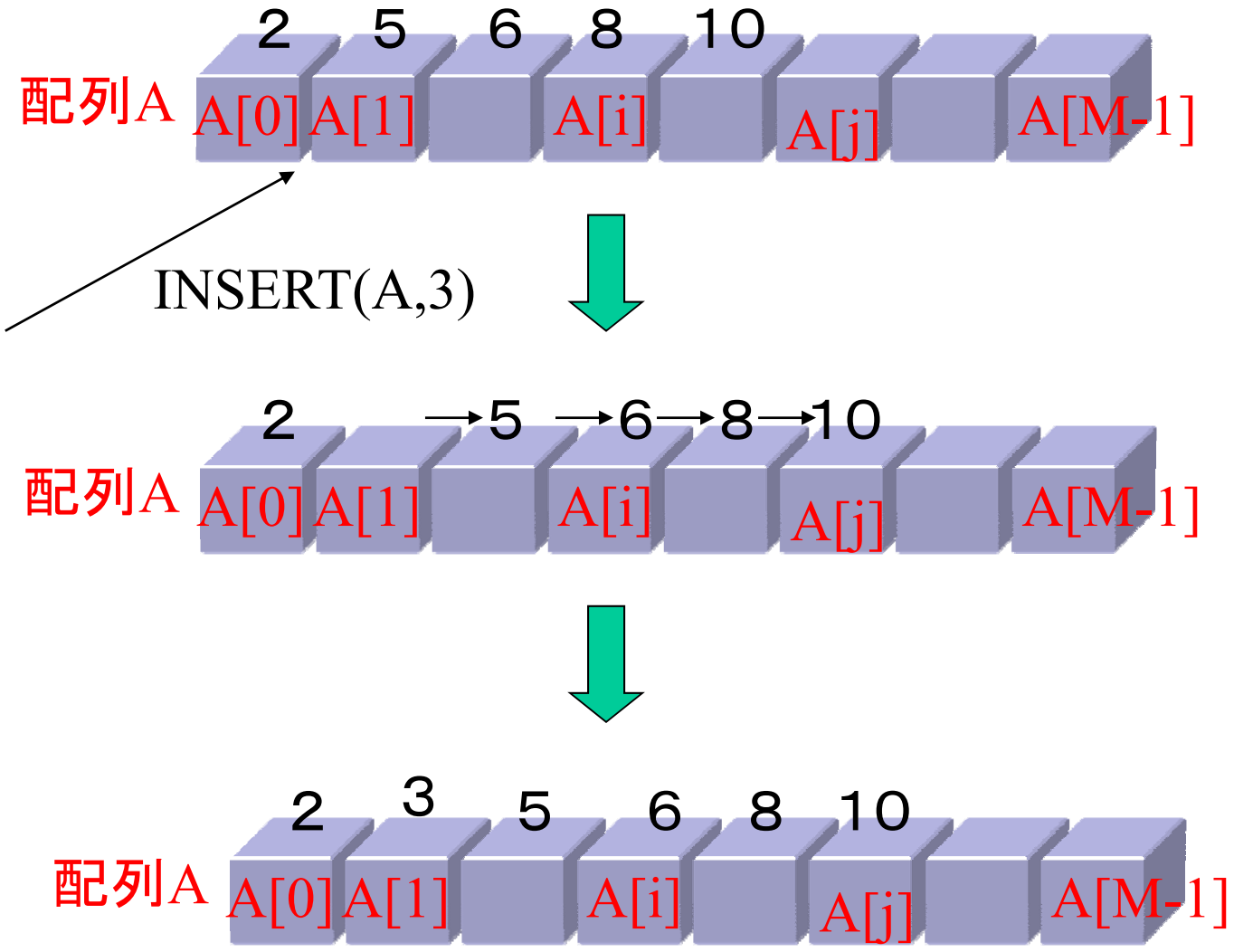
- 配列が不得意とする問題

多量のデータをあつかうためのデータ構造として、
配列がある。しかし、配列では扱いにくい問題もある。

例えば、整列してあるデータに、新しいデータを挿入して、
また整列の状態にする問題を考えよう。



整列されている配列へのデータ挿入。



このような問題では、配列操作に余分な手間が必要。

柔軟なデータ構造の構築にむけて

- アィディア
  - 構造体とポインタを組み合わせる。
  - 必要な分だけのメモリを確保する。(配列では、プログラムの開始時点で余分なメモリが確保されていた。)
  - 自己再帰的な定義を用いる。

データ構造の基本単位（セル）

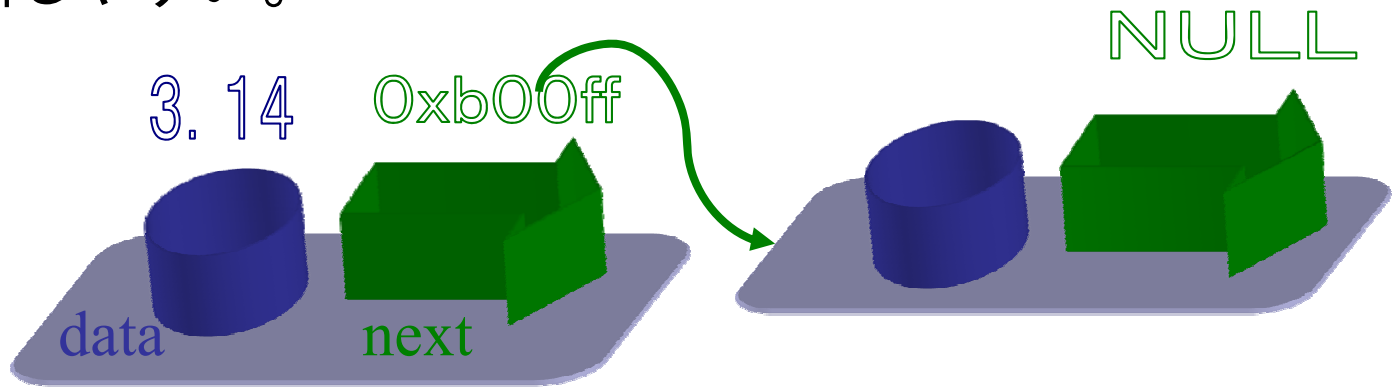
- 自己参照構造体を用いる。

```
strcut cell
{
        double  data;
        struct cell * next;
};
```

struct cellという構造体を定義するのに、
struct cellを指すポインタをもちいている。

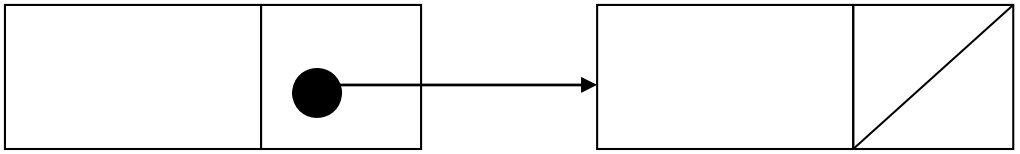
イメージ

一見すると、奇異な感じをうける定義であるが、
ポインタがアドレスを保持する変数ということに注意すると理解しやすい。



strcut cell型

このことを、次のような図を用いて表すこともある。

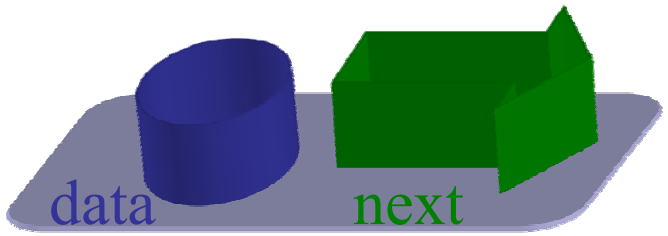


strcut cell型

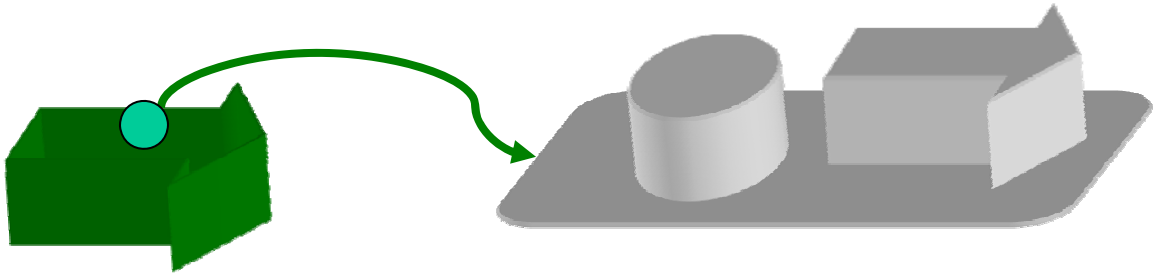
終わりを
意味する。

セル型の定義

```
typedef  strcuct cell    Cell;
```



Cell型

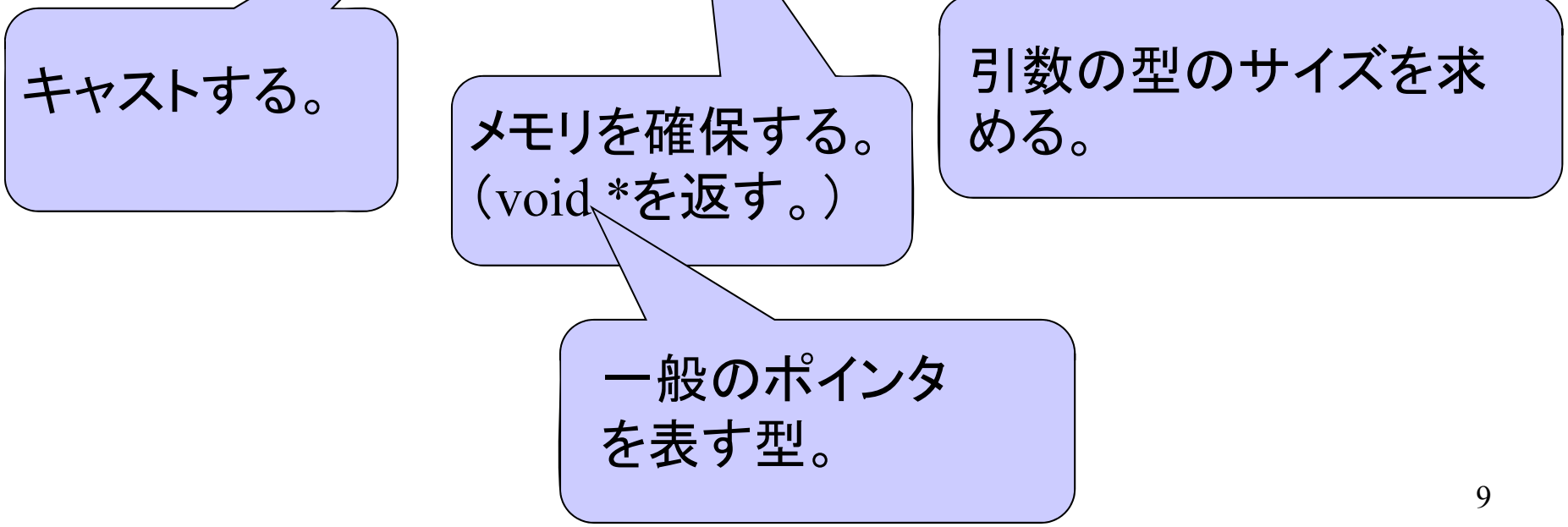


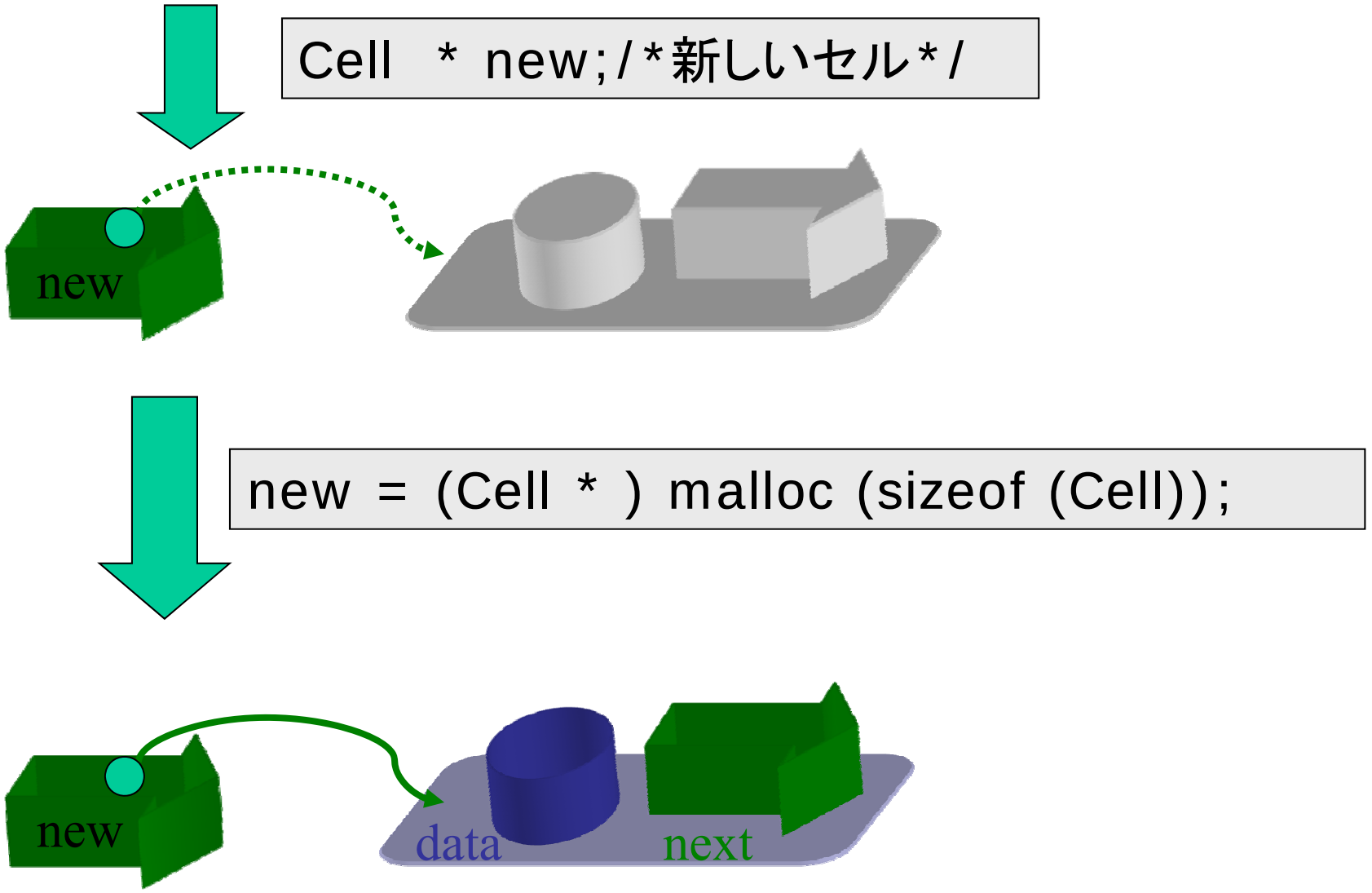
Cell ＊ 型

ポインタでは、保持しているアドレスの先がデータ型であることに注意する。

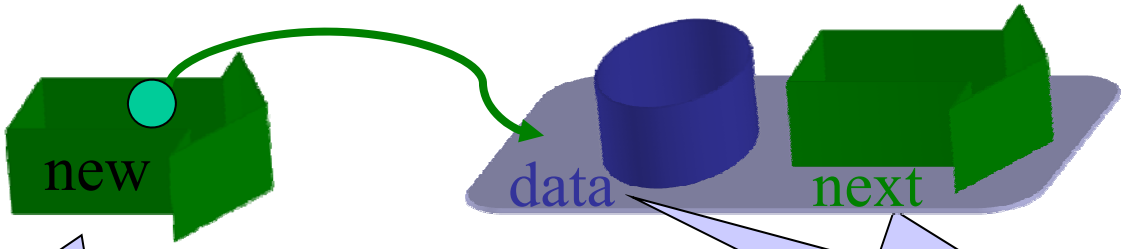
セルの動的なメモリ確保

```
Cell  * new;/*新しいセル*/
new = (Cell * ) malloc (sizeof (Cell));
```




Cell * new;/*新しいセル*/
new
new = (Cell *) malloc (sizeof (Cell));
new
data
next

C言語における略記法



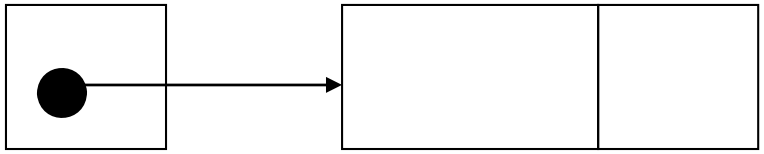
ポインタ（変数）

```
(*new).data
;
```

```
new->data;
```

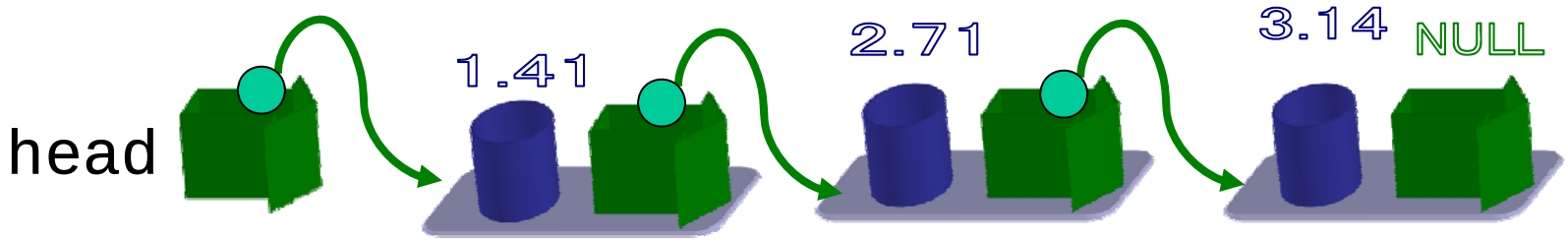
これらは、構造体メンバ名であって、変数名ではないことに注意する。

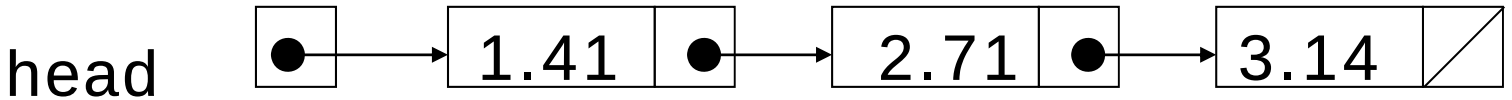
C言語では、上の2つは同じ意味で用いられる。
下の表記法は、ポインタの図式と類似点がある。



連結リスト

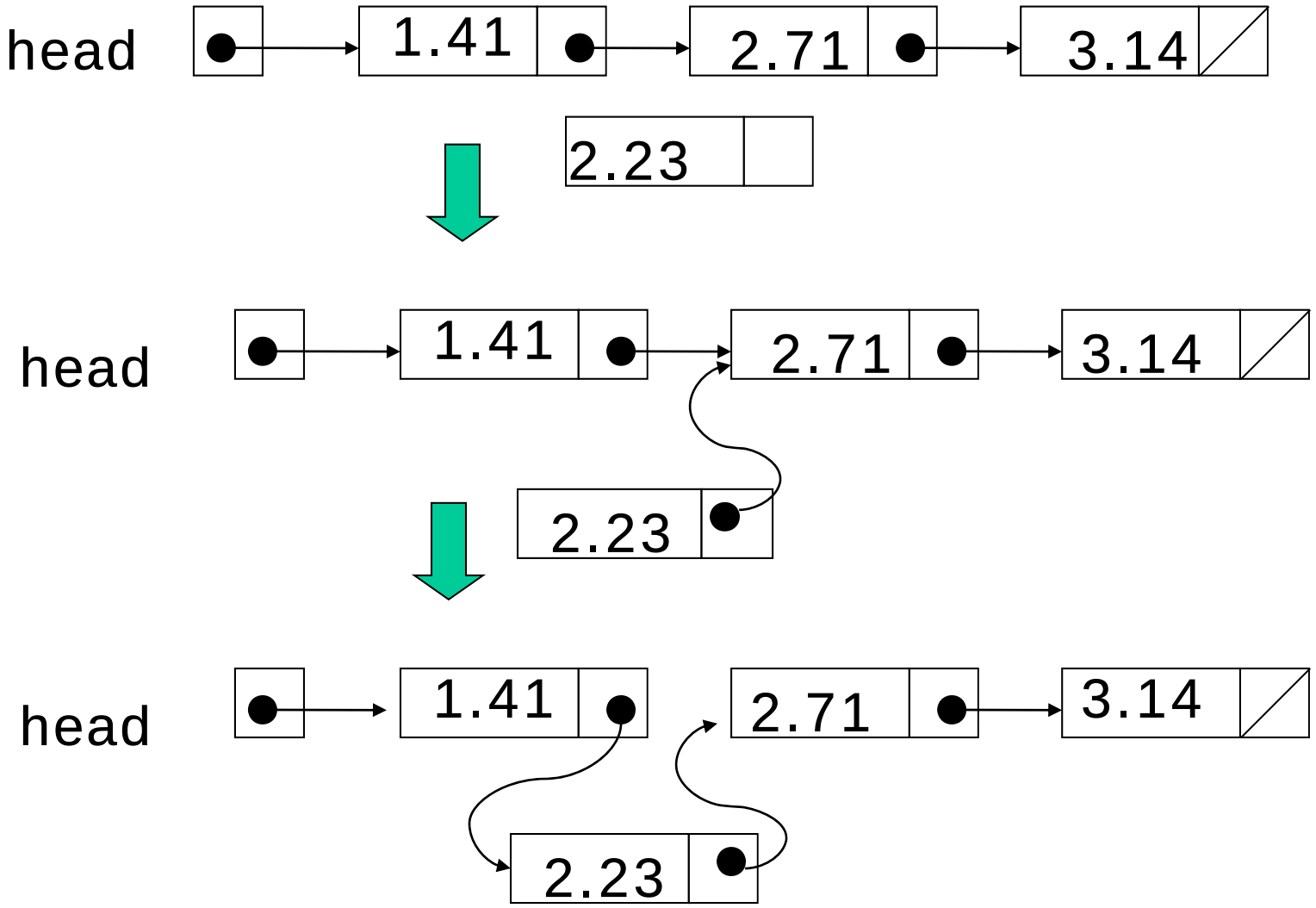
セルをポインタで一直線上にならべたもの。





連結リストの途中は、直接参照（アクセス）できない。
（変数による“名前”がついていない。）

連結リストへの挿入



実現例

```
/*位置posの後に新しいセルを挿入*/
void insert(Cell * pos,double x)
{
        Cell *new=(Cell *)malloc(sizeof(Cell));
        new->data=x;
        new->next=pos->next;
        pos->next=new;
        retun;
};
```

ポインタにはアドレスが保持してあることに注意して更新の順序を考えること。

連結リストへの挿入の計算量

- 定数回の代入演算を行っているだけであるので、1回あたりの時間計算量は、

$$O(1)$$ 時間

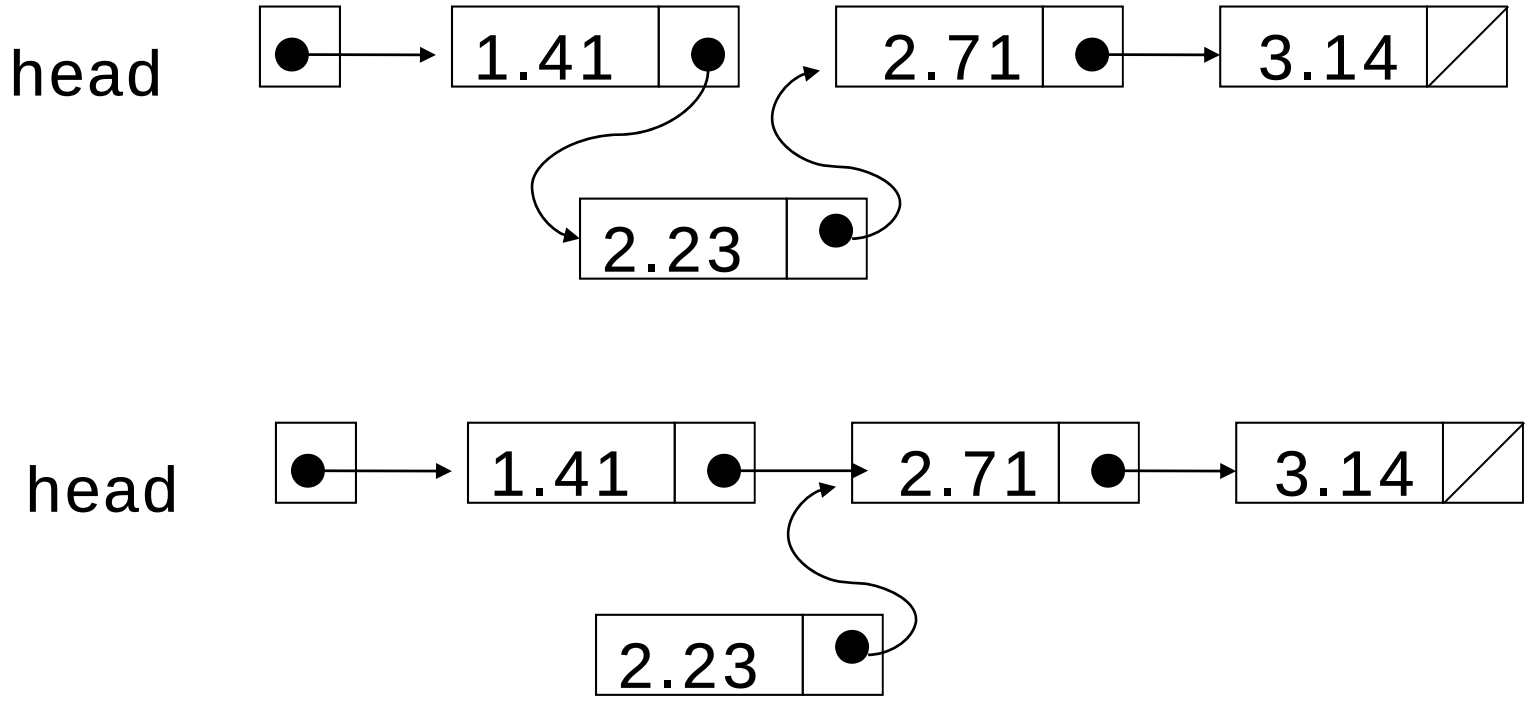
である。

- （nデータが整列してある配列に、整列を保ったまま挿入する時間計算量は、1回あたり、

$$O(n)$$ 時間

であることに注意する。）

連結リストからのデータ削除



実現例

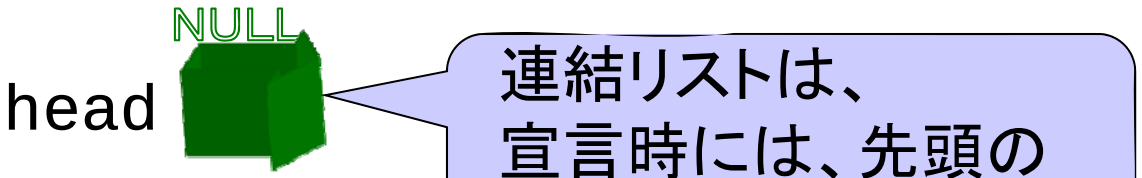
```
/*位置posの後のセルを削除(概略)*/
void delete(Cell * pos)
{
        Cell *old;
        old=pos->next;
        pos->next=old->next;
        free(old);
        retun;
};
```

メモリの解放

連結リストへの削除の計算量

- 定数回の代入演算を行っているだけであるので、1回あたりの時間計算量は、
  $O(1)$ 時間
  である。
- （nデータが整列してある配列に、整列を保ったまま削除する時間計算量は、1回あたり、 $O(n)$ 時間
  であることに注意する。）

連結リストと配列1
（データ構造の準備）

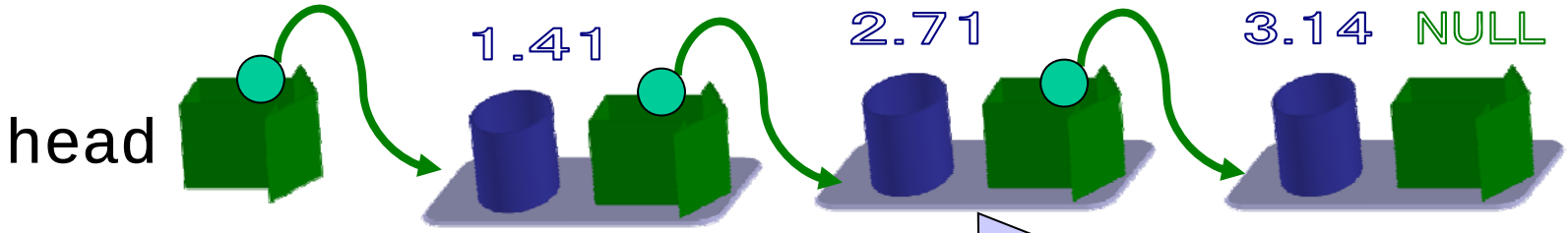


実現例

```
/*リストの用意*/
Cell  * make_list(void)
{
        Cell * head=NULL;
        return head;
}
```

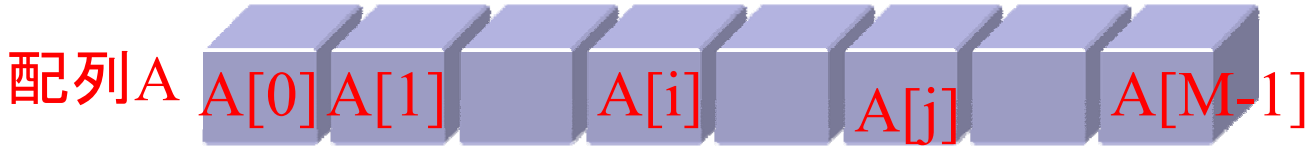
```
/*配列の用意*/
double  * make_array(void)
{
        doube A[100];
        return A;
}
```

連結リストと配列2
（要素へのアクセス）



途中のセルには、
名前がついていない。

A[i]として途中のセルにも
アクセスできる。



実現例

```
/*リスト3番目のデータを返す。(概略)*/
double  retrun_second_list(Cell * head)
{
        doulbe tmp;
        tmp=head->next->next->data;
        return tmp;
}
```

```
/*配列の3番目のデータを返す。*/
double  return_second_array(double *A)
{
         return A[2];
}
```

練習

連結リストおよび、配列において、
4番目の要素を返すC言語の関数の概略を示せ。

さらに、連結リストおよび、配列において、
k番目の要素を返すC言語の関数の概略を示せ。

連結リストのk番目の要素参照に必要な計算量

- 定数回の代入演算を行っているだけであるので、1回あたりの時間計算量は、

$$O(k)$$ 時間

である。

- （nデータがの配列のk番目を参照するには、1回あたり、

$$O(1)$$ 時間

であることに注意する。）

連結リストと配列（まとめ）

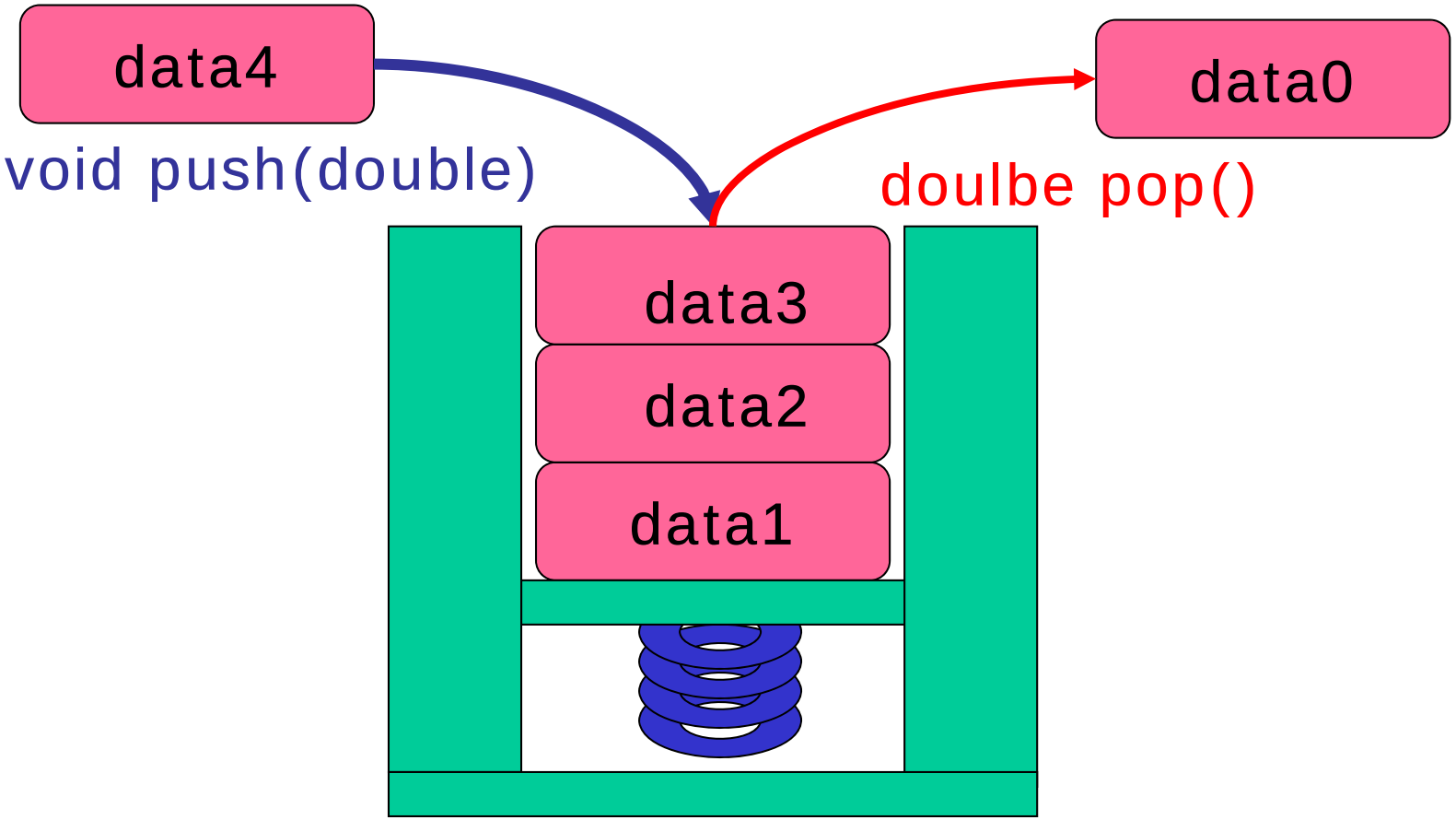
	連結リスト	配列
挿入	$O(1)$	$O(n)$
削除	$O(1)$	$O(n)$
k 番目の参照	$O(k)$	$O(1)$

n : データ数

5－2．スタック(Stack)

- 後入れ先出し（Last In First Out,LIFO)の効果を持つデータ構造。
- 連結リストで実装可能。先頭においてしかデータの挿入、削除を行わない連結リスト
- 配列を用いても実装可能。

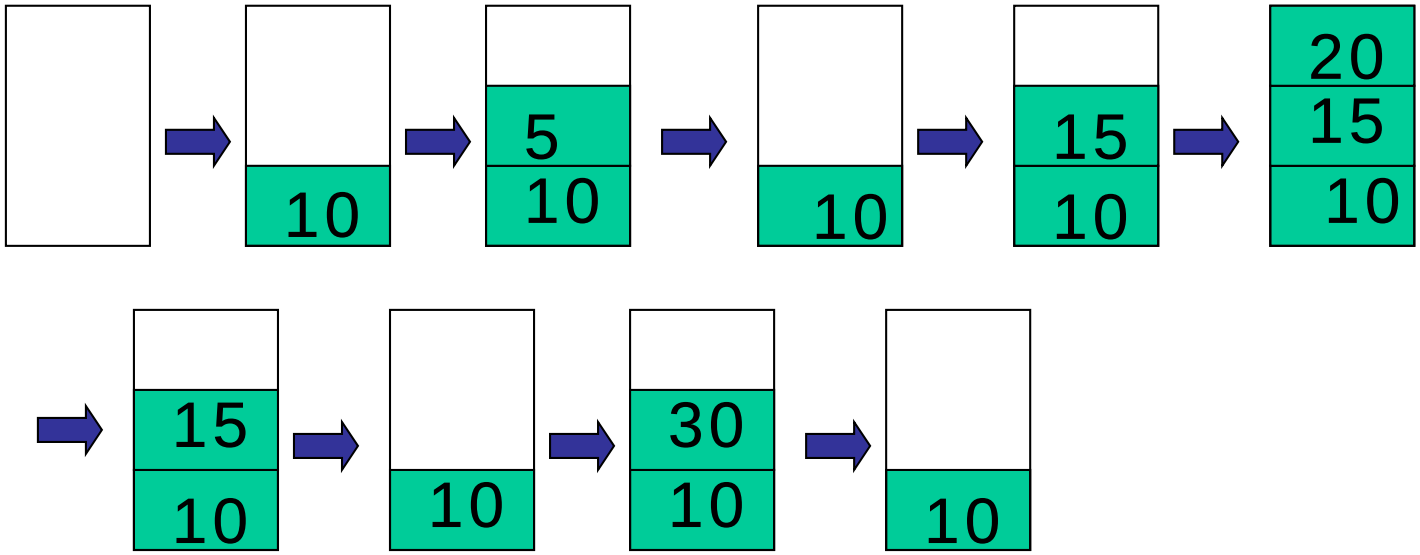
スタックのイメージ



例題

空のスタックに対して、次の系列で演算を行った場合，
取り出されるデータの順序および、
最後のスタックの状態を示せ。

push(10),push(5),pop(),push(15),push(20),
pop(),pop(),push(30),pop()



$$5 \rightarrow 20 \rightarrow 15 \rightarrow 30$$

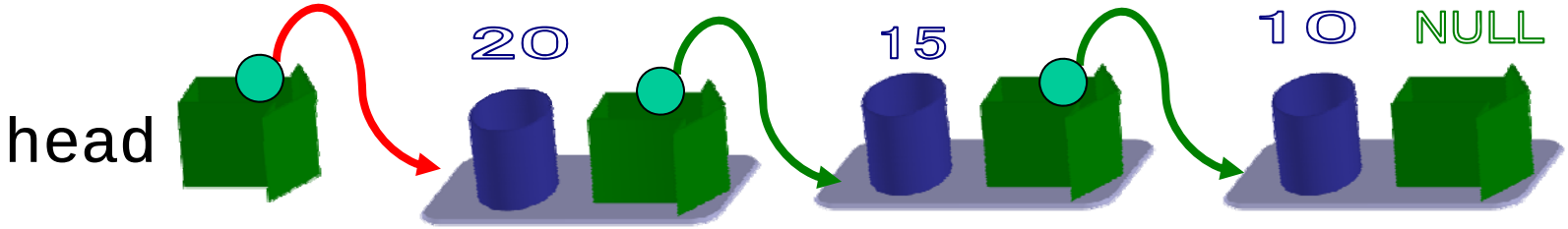
練習

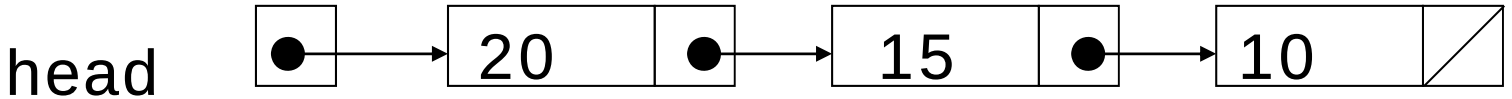
空のスタックに対して、次の系列で演算を行った場合,
取り出されるデータの順序および、
最後のスタックの状態を示せ。

push(5),pop(),push(7),push(3),pop(),push(8),
,push(1),pop(),pop(),push(9),pop(),pop()

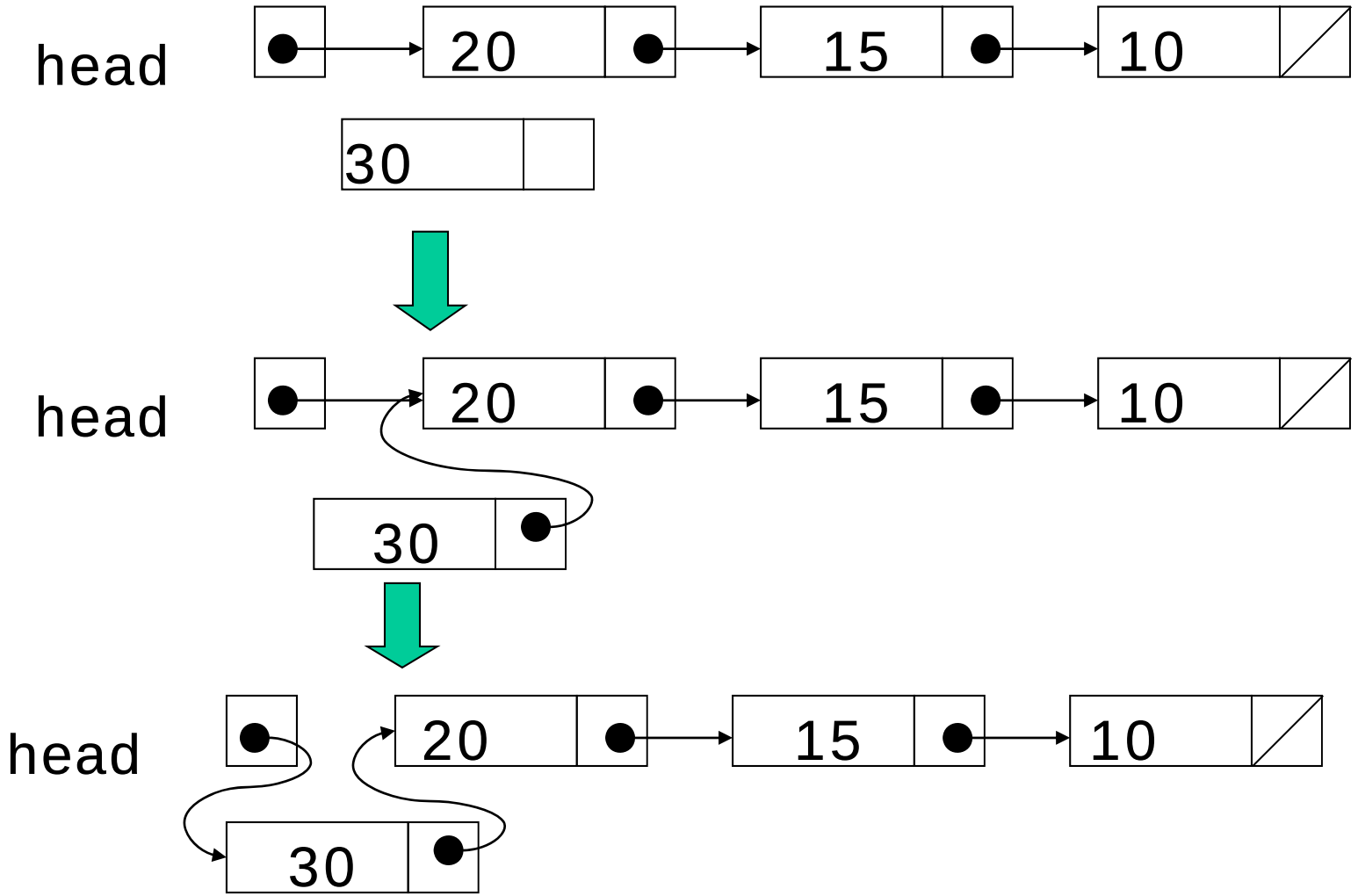
連結リストによるスタック

先頭だけで、データの挿入削除を行う。
途中の接続関係は維持したままにする。





push(x)

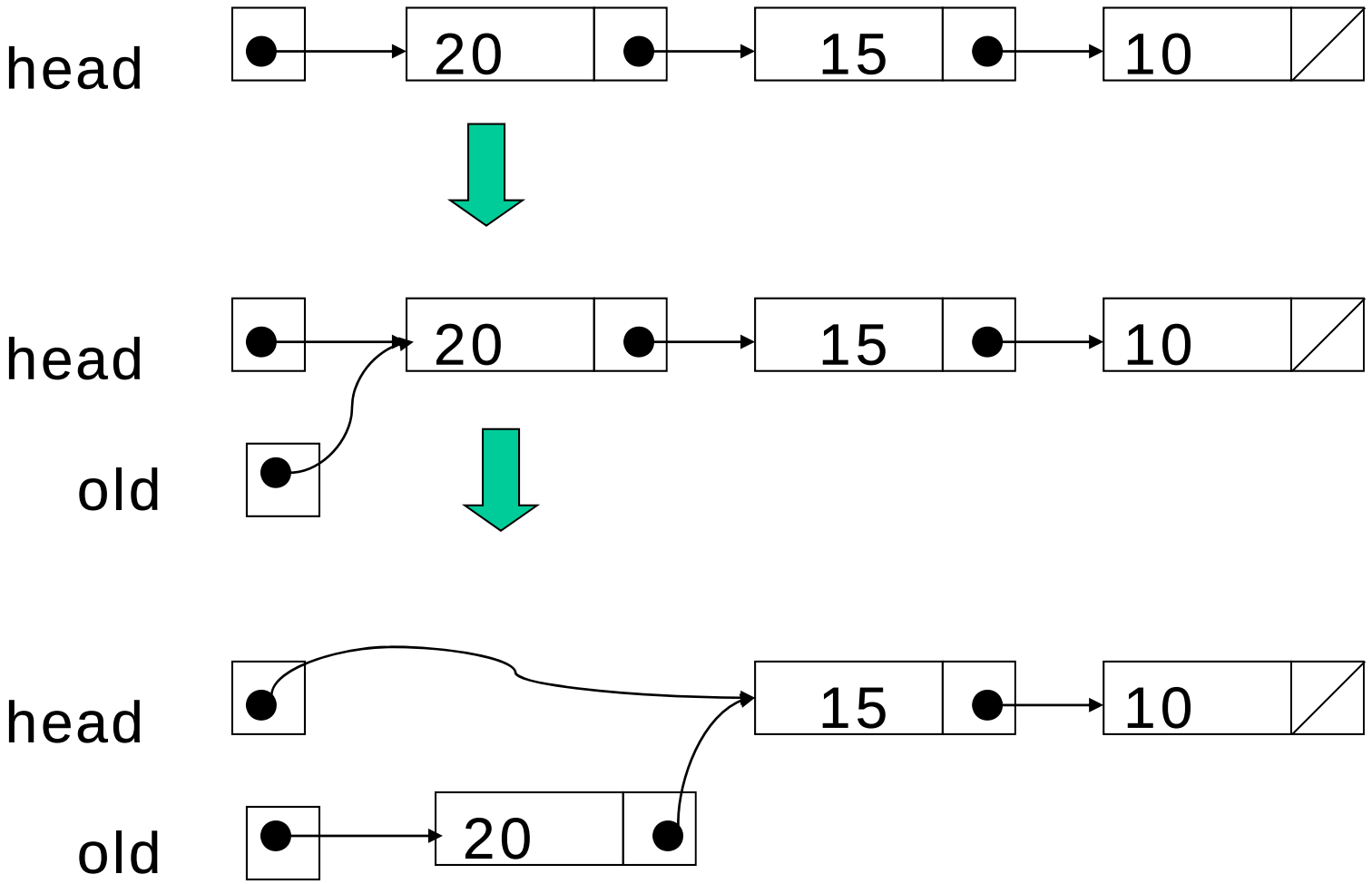


実現例

```
/*スタックへのpush(x)*/
void push(Cell * head,double x)
{
        Cell *new=(Cell *)malloc(sizeof(Cell));
        new->data=x;
        new->next=head;
        head=new;
        retun;
};
```

ポインタにはアドレスが保持してあることに注意して更新の順序を考えること。

pop()

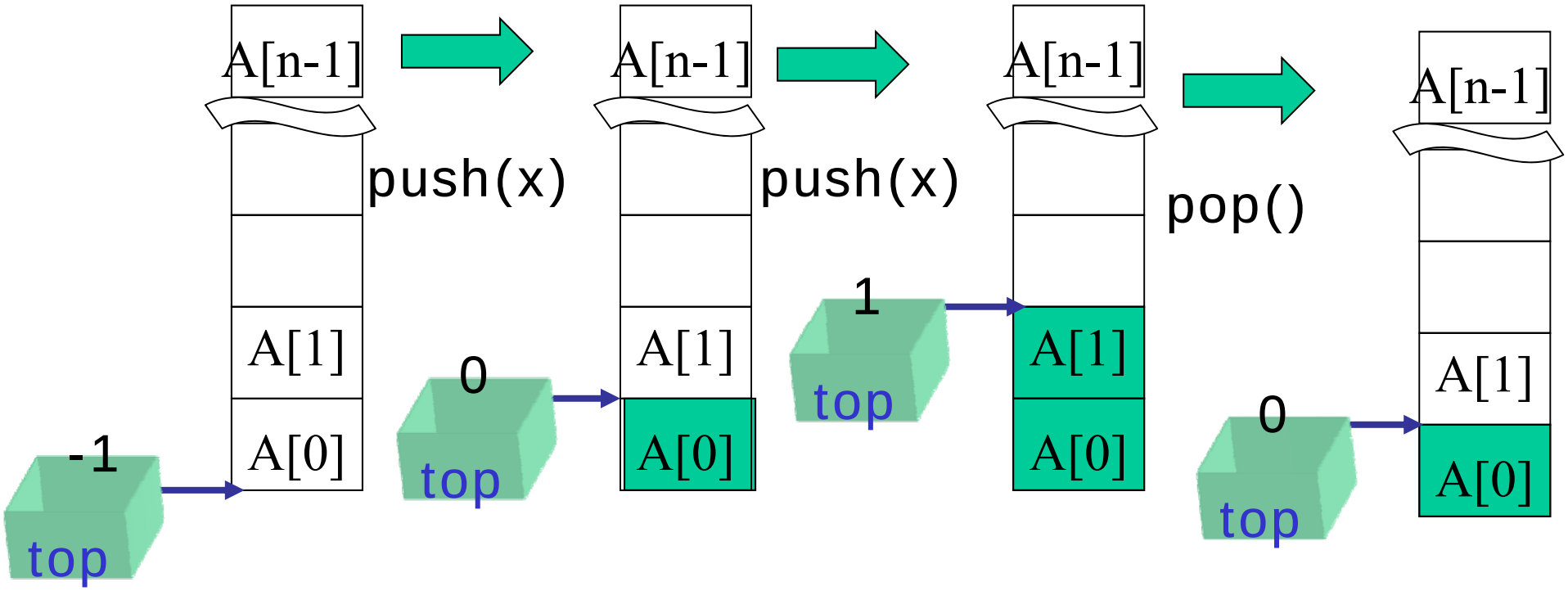


実現例

```
/*スタックからのpop()概略*/
double pop(Cell * head)
{
        Cell *old;
        doulbe x;
        if(head==NULL)return -1;/*アンダーフロー*/
        old=head;
        head=head->next;
        x=old->data;
        free(old);
        retun x;
};
```

配列によるスタック

配列でもスタックを実現することができる。



実現例

```
/*配列でのスタック(概略)*/
int Top;
doulbe Stack[100];
void push(double x){
        Top++;
        if(Top>=100)return;/*オーバーフロー*/
        Stack[Top]=x;
        retun;
};

doulbe pop(void){
        double x;
        if(Top<0)return -1;/*アンダーフロー*/
        x=Stack[Top];
        Top--;
        return x;
}
```

スタック操作の計算量

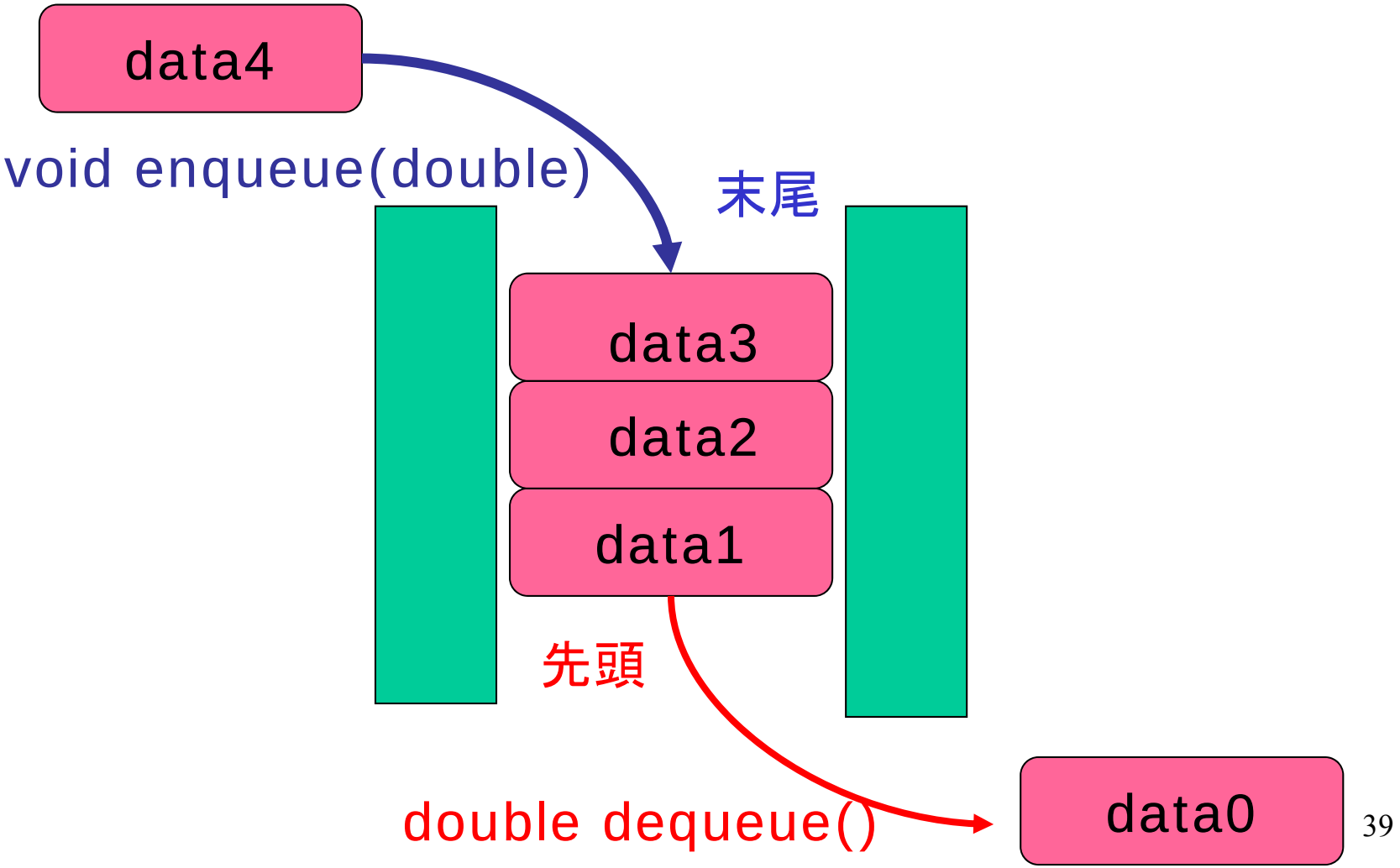
	連結リスト	配列
push (先頭への要素挿入)	$O(1)$	$O(1)$
Pop （先頭要素の削除と取得）	$O(1)$	$O(1)$

n : データ数

5-3. キュー(Queue)

- 先入れ先出し(First In First Out,FIFO)の効果を持つデータ構造。
- 連結リストで実装可能。データの挿入を末尾から行い、データの削除を先頭から行う連結リスト
- 配列を用いても実装可能。配列の先頭と末尾を連続的に取り扱う(リングバッファ)

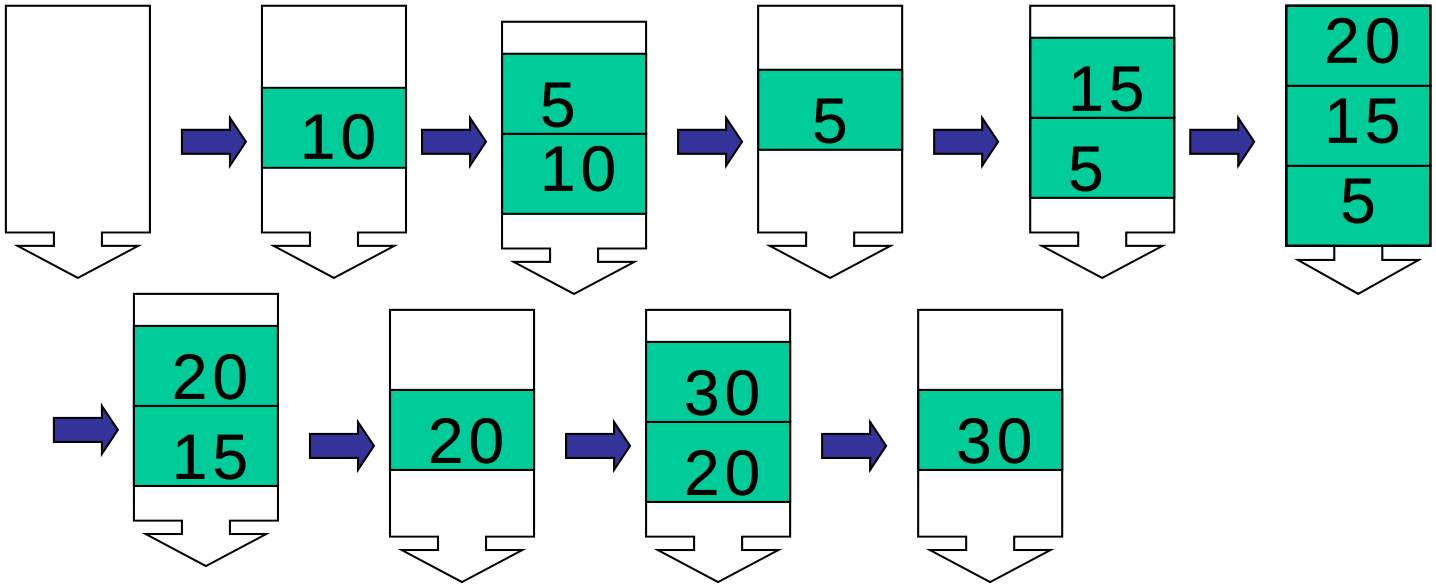
キューのイメージ


data4
void enqueue(double)
末尾
data3
data2
data1
先頭
double dequeue()
data0

例題

空のキューに対して、次の系列で演算を行った場合，
取り出されるデータの順序および、
最後のスタックの状態を示せ。

enqueue(10),enqueue(5),degueue(),enqueue(15),
enqueue(20),dequeue(),dequeue(),enqueue(30),
dequeqe()



$$10 \rightarrow 5 \rightarrow 15 \rightarrow 20$$

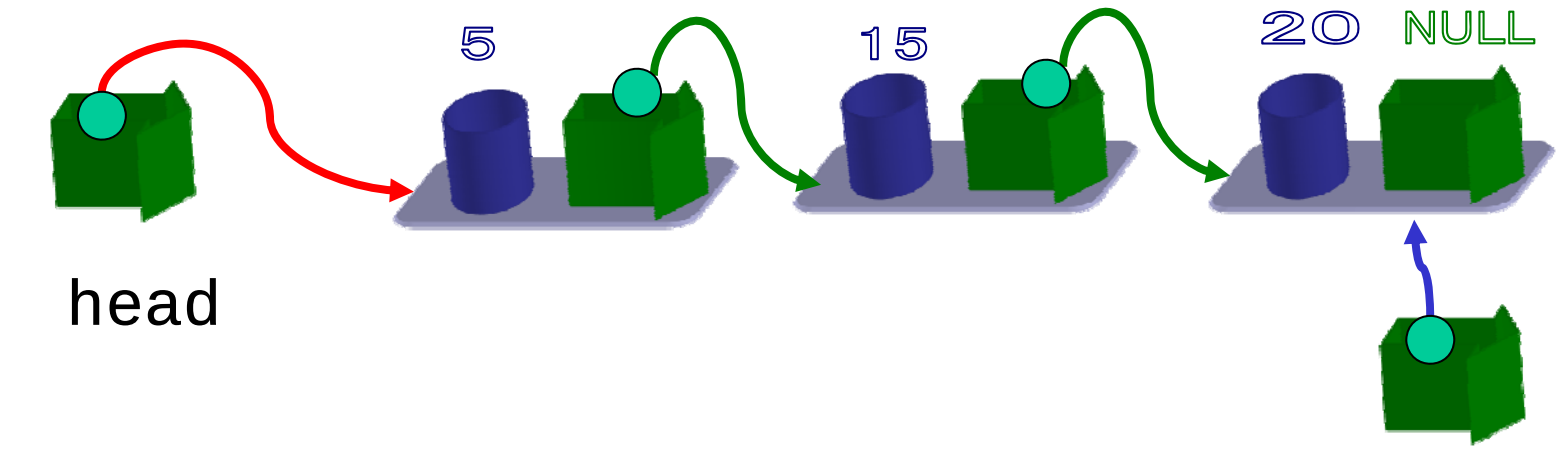
練習

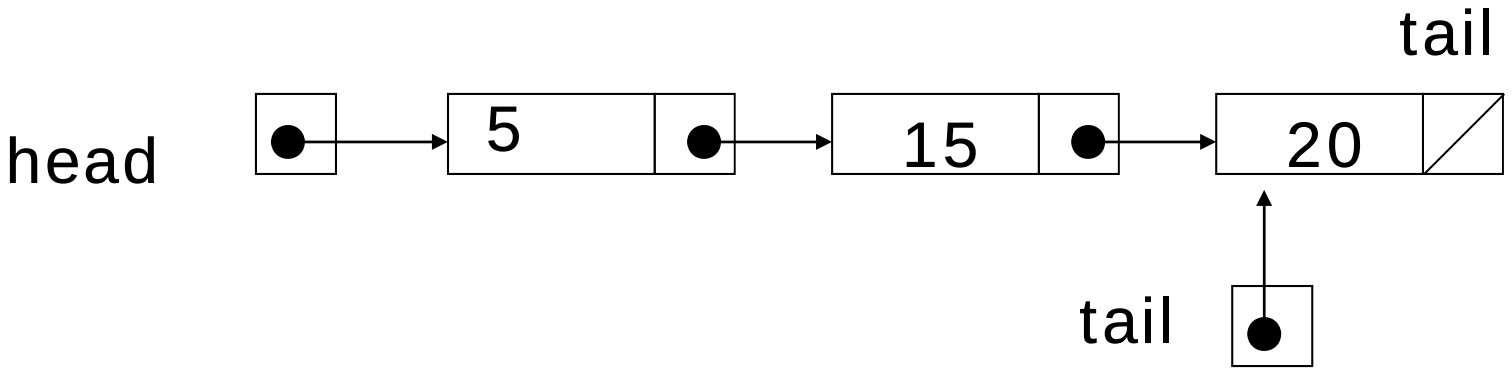
空のキューに対して、次の系列で演算を行った場合,
取り出されるデータの順序および、
最後のキューの状態を示せ。

enqueue(5),dequeue(),enqueue(7),enqueue(3),
dequeue(),enqueue(8),enqueue(1),dequeue(),
dequeue(),enqueue(9),dequeue(),dequeue()

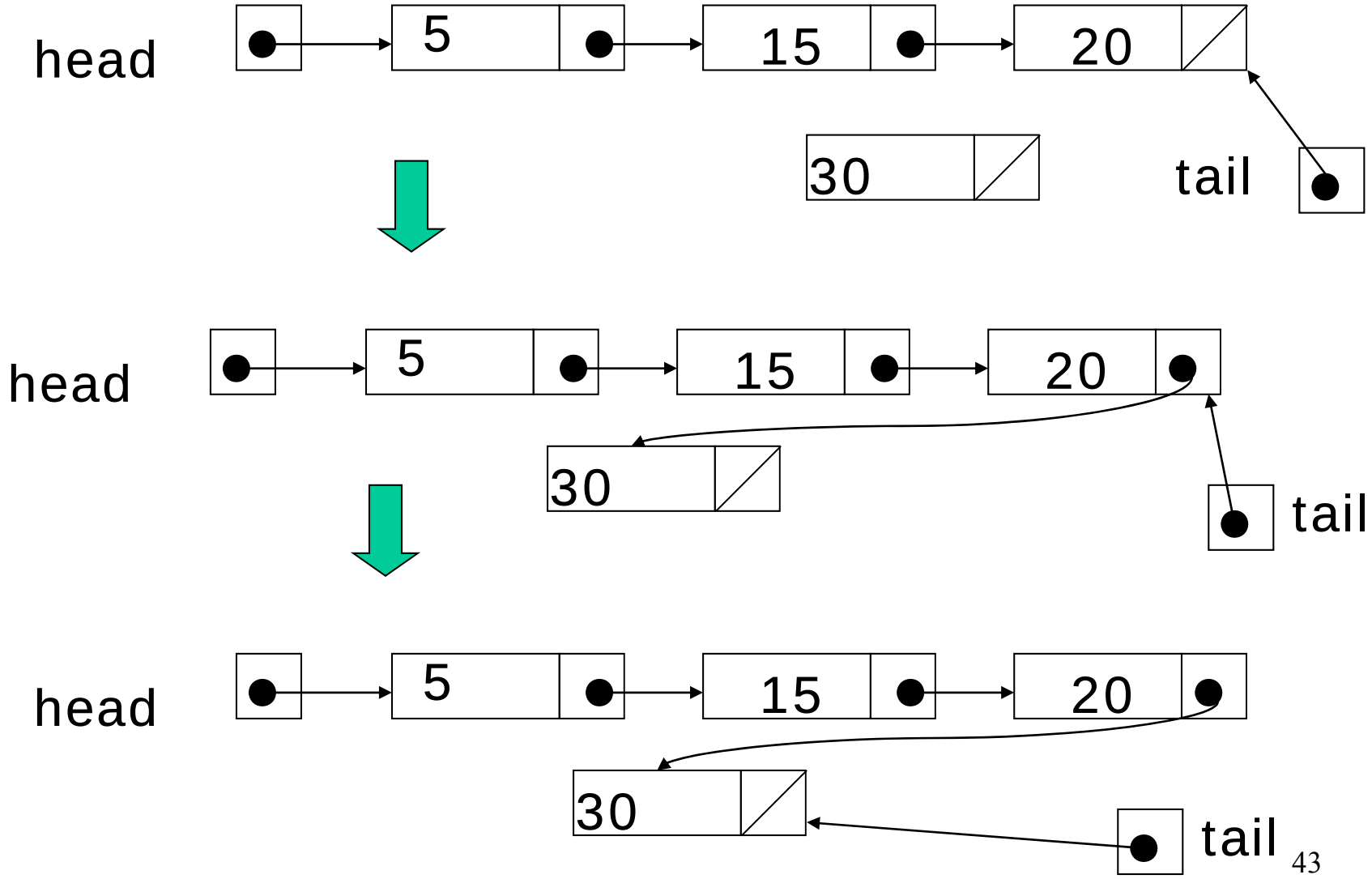
連結リストによるキュー

末尾からデータの挿入し、
先頭からデータを削除を行う。
途中の接続関係は維持したままにする。





enqueue(x)

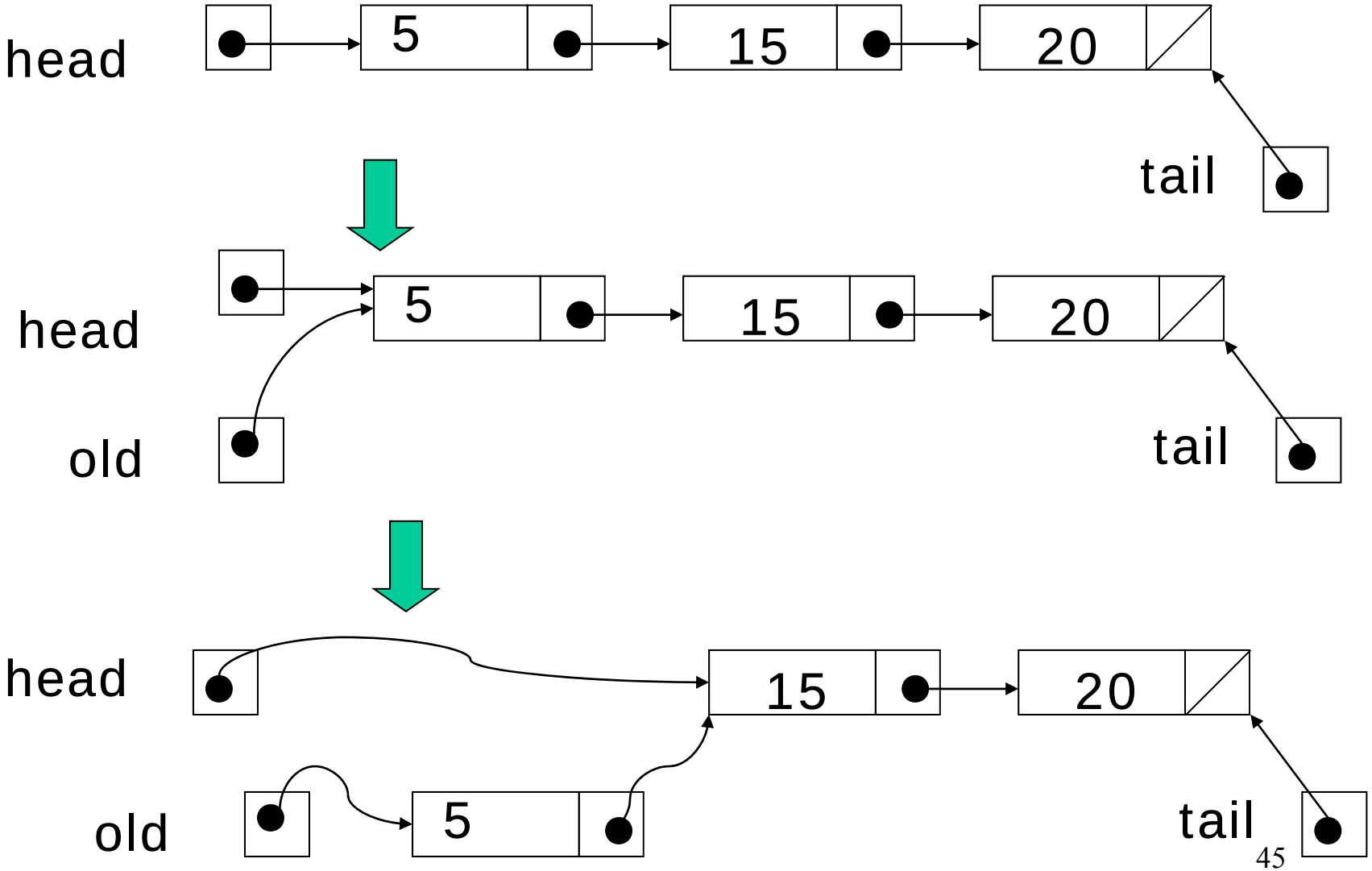


実現例

```
/*キューへのenqueue(x)*/
void enqueue(Cell * head,Cell *tail,double x)
{
        Cell *new=(Cell *)malloc(sizeof(Cell));
        new->data=x;
        new->next=NULL;
        tail->next=new;
        tail=new;
        retun;
};
```

ポインタにはアドレスが保持してあることに注意して更新の順序を考えること。

dequeue()

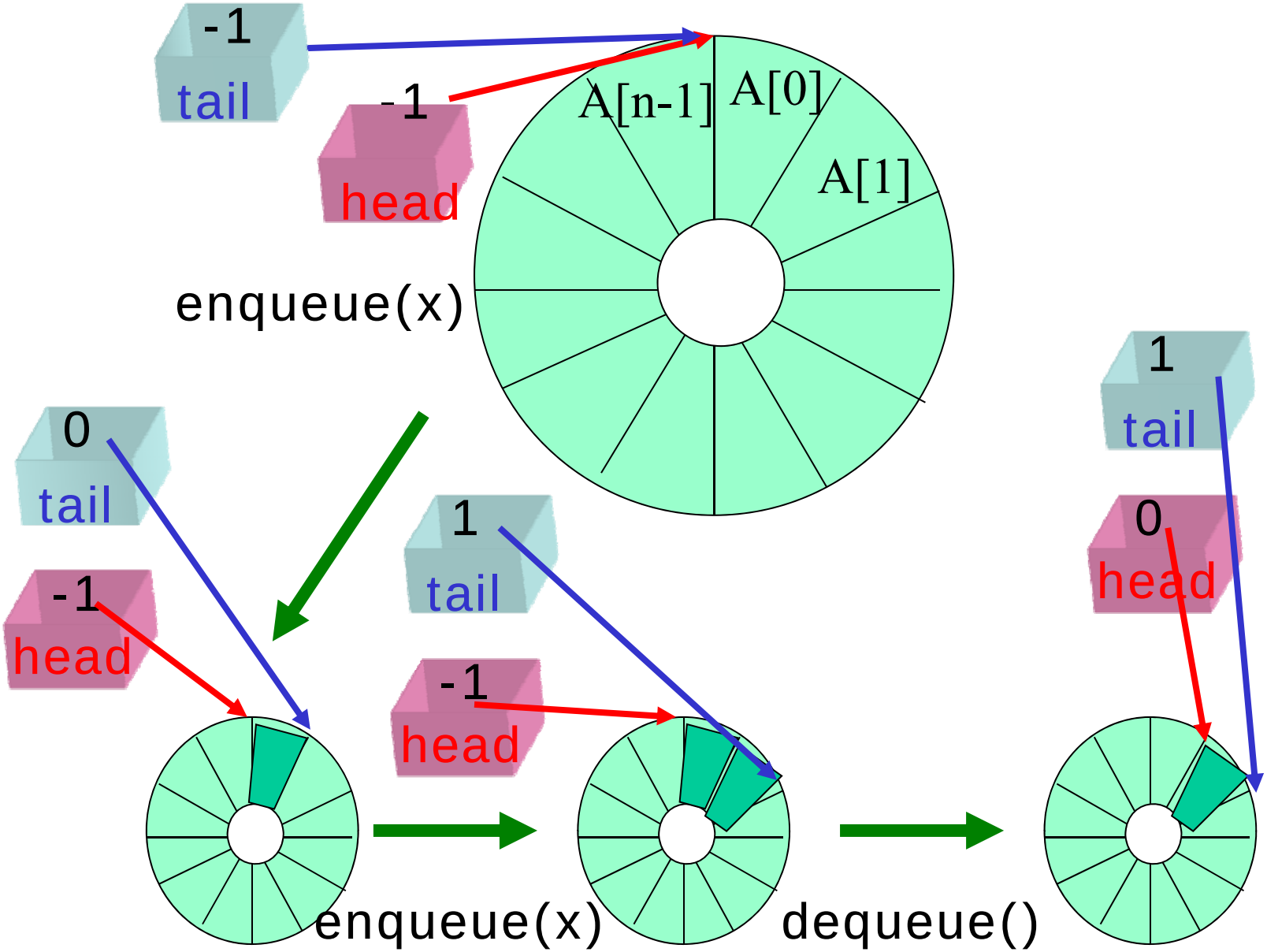


実現例

```
/*キューからのdequeue()概略*/
double dequeue(Cell * head,Cell *tail)
{
        Cell *old;
        doulbe x;
        if(head==NULL)return -1;/*アンダーフロー*/
        old=head;
        head=head->next;
        x=old->data;
        free(old);
        retun x;
};
```

配列によるキュー（リングバッファ）

配列でもキューを実現することができる。



実現例

```
/*配列でのキュー(概略)*/
int Head;
int Tail;
doulbe Queue[100];
void enqueue(double x){
        Tail=(Tail+1)%100;/*添え字の循環*/
        if(Tail==Head)return;/*オーバーフロー*/
        Queue[Tail]=x;
        retun;
};

doulbe dequeue(void){
        double x;
        if(Head==Tail)return -1;/*アンダーフロー*/
        Head=(Head+1)%100;/*添え字の循環*/
        x=Stack[Head];
        return x;
}
```

キュー操作の計算量

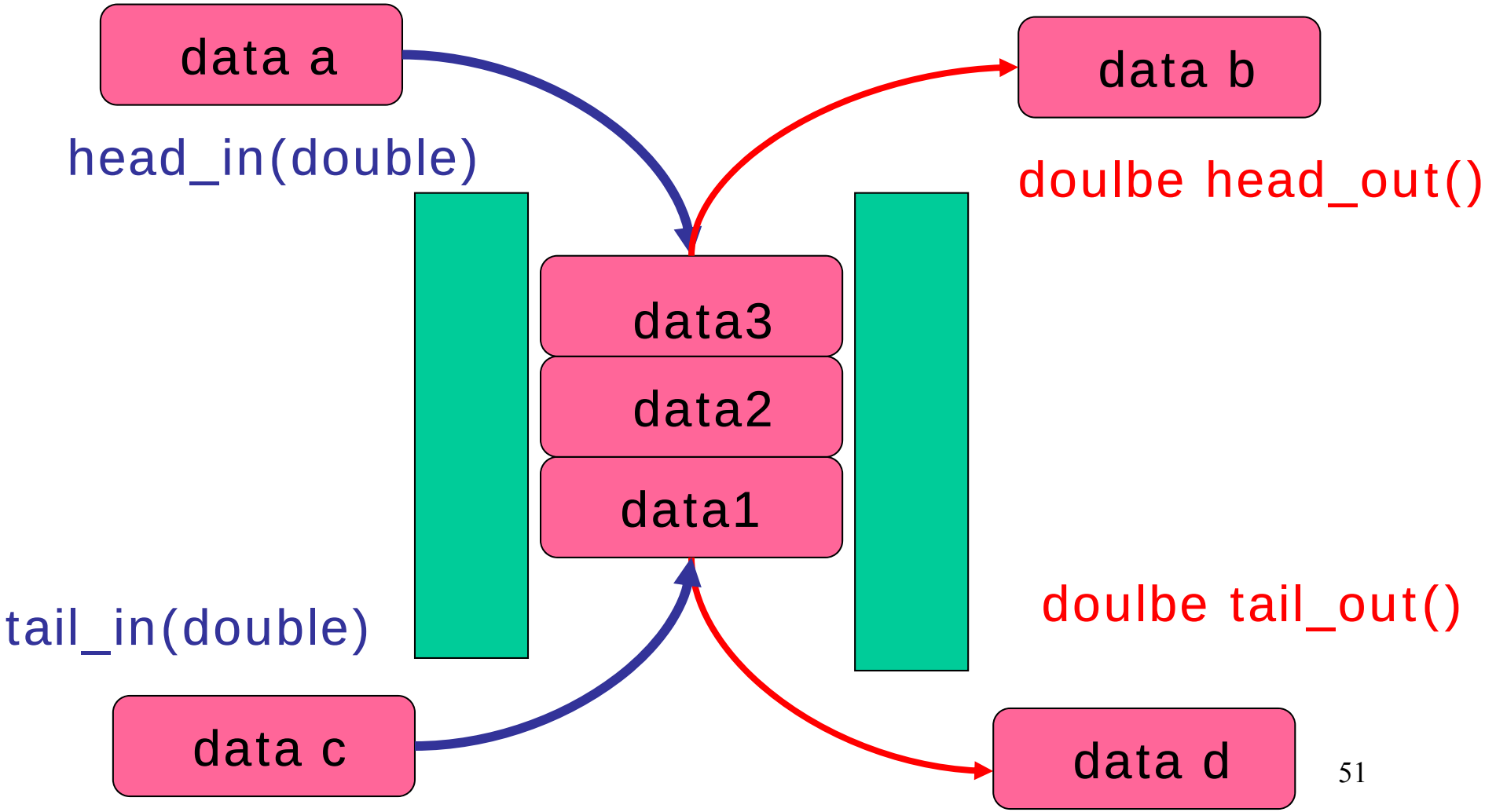
	連結リスト	配列
enqueue (末尾への要素挿入)	$O(1)$	$O(1)$
dequeue （先頭要素の削除と取得）	$O(1)$	$O(1)$

n : データ数

6-4. デク
(Double Ended Queue)

- 先頭と末尾の両方からデータを出し入れできるデータ構造
- 先頭と末尾を管理。
- スタックとキューの性能を合わせ持つ。
- 双方向リストを用いて実装可能。

デクのイメージ


data a
head_in(double)
data b
doulbe head_out()
data3
data2
data1
tail_in(double)
doulbe tail_out()
data c
data d

デクの実現のためには

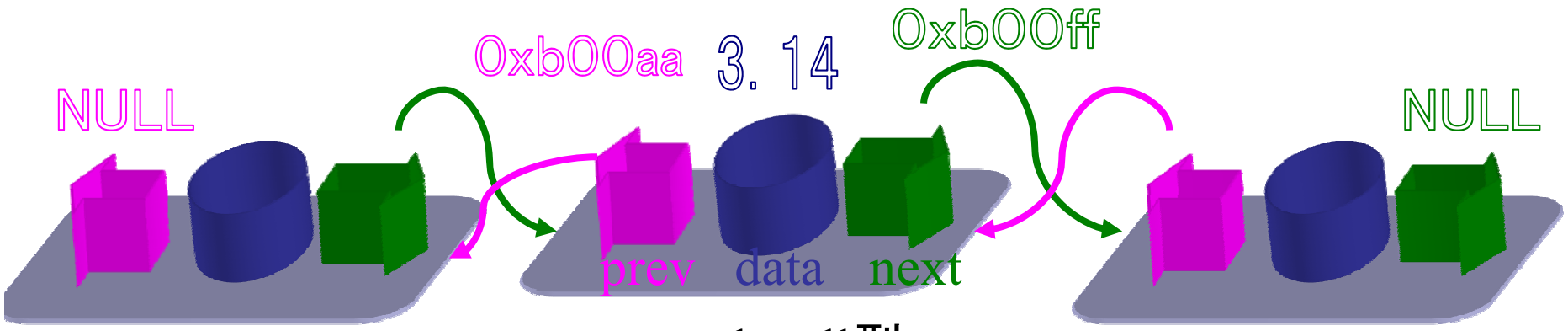
- 連結リストを拡張し、双方向リストにする必要がある。
- セルを拡張する。

双方向リストのセル

```
strcut d_cell
{
        double  data;
        struct d_cell * prev;
        struct d_cell * next;
} ;
```

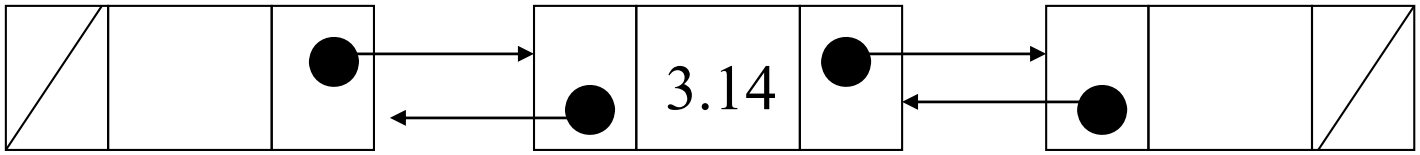
前方を指すポインタと、後方を指すポインタとして実現。

イメージ



strcut d_cell型

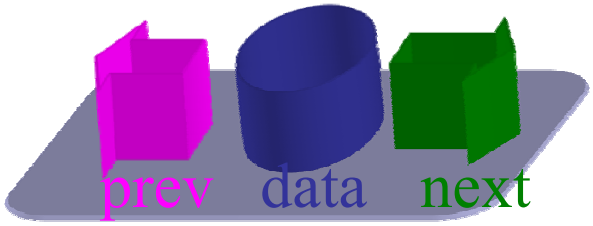
このことを、次のような図を用いて表すこともある。



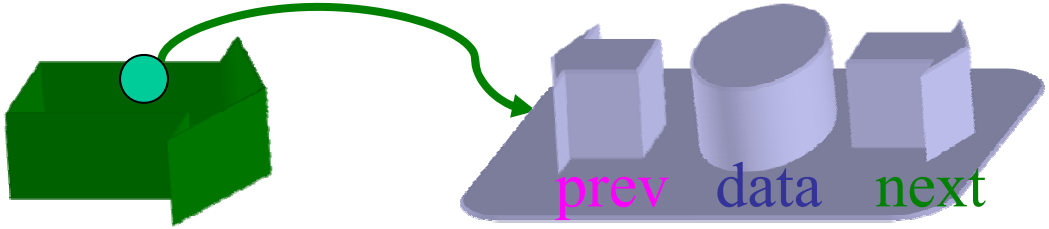
strcut d_cell型

双方向リストのセル型の定義

```
typedef  strcuct d_cell    D_cell;
```



D_cell型



D_cell ＊ 型

双方向リストによるデク

練習

デクにおける挿入および削除の様子を図示せよ。
また、挿入を表す関数を作成せよ。

head　　tail

操作例：head_in(6)→tail_in（２）→head_out()→tail_out()

デク操作の計算量

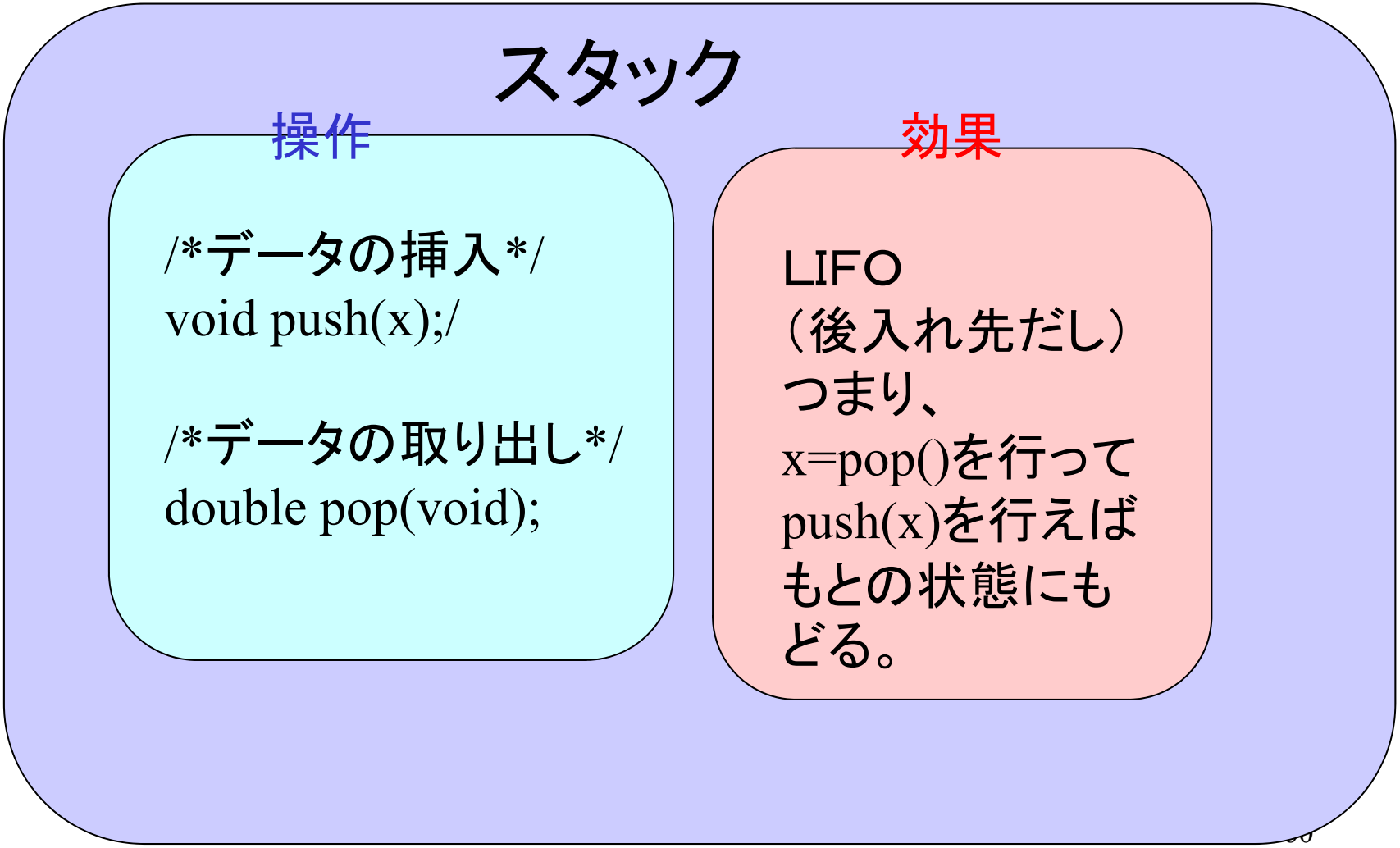
	連結リスト	配列
head_in (先頭へ要素挿入)	$O(1)$	$O(1)$
head_out (先頭要素の削除と取得)	$O(1)$	$O(1)$
tail_in （末尾へ要素挿入）	$O(1)$	$O(1)$
tail_out (末尾要素の削除と取得)	$O(1)$	$O(1)$

5-5. 抽象データ型（Abstract Data Type)

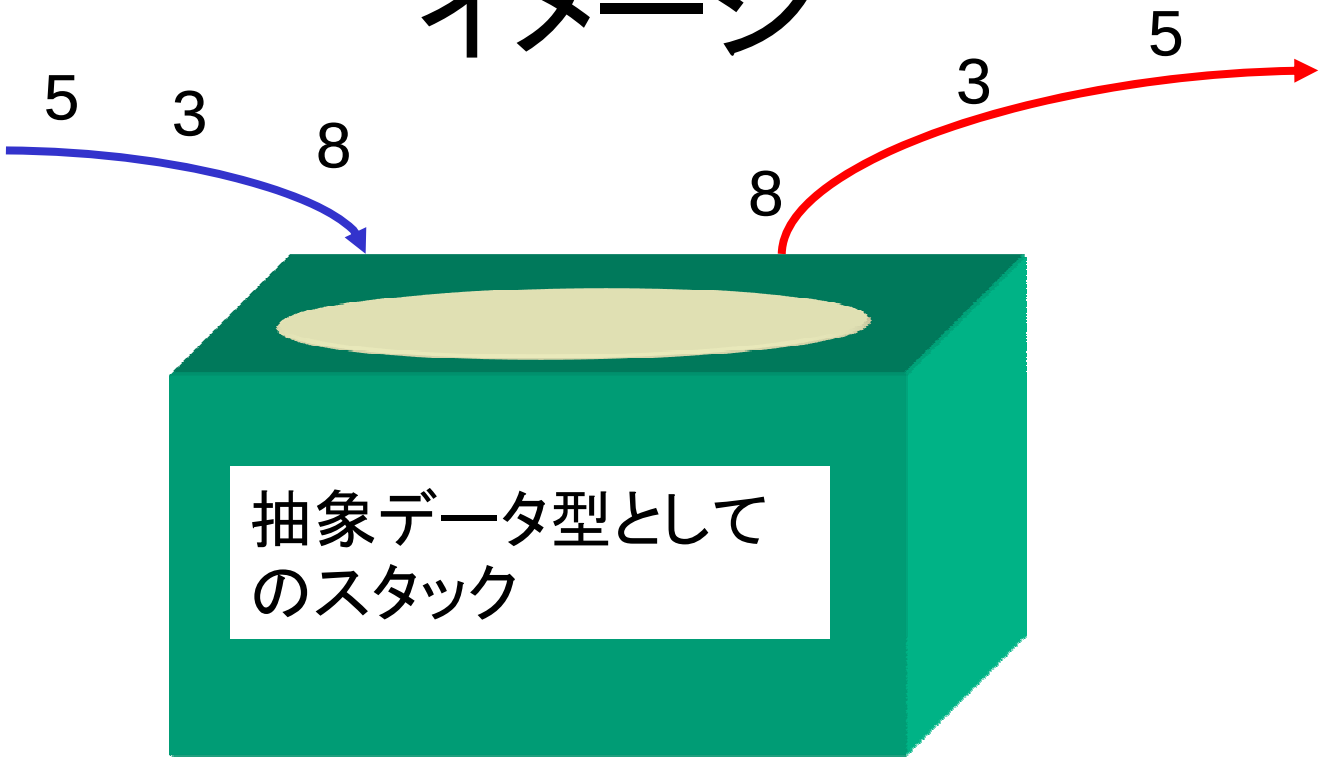
- 同じ操作法と、同じ効果を持つデータ構造を抽象データ型という。
- 例えば、スタックやキューは抽象データ型。

（個々の実装は、連結リストや配列で行われる。しかし、重要なのは、その操作法と効果である。）

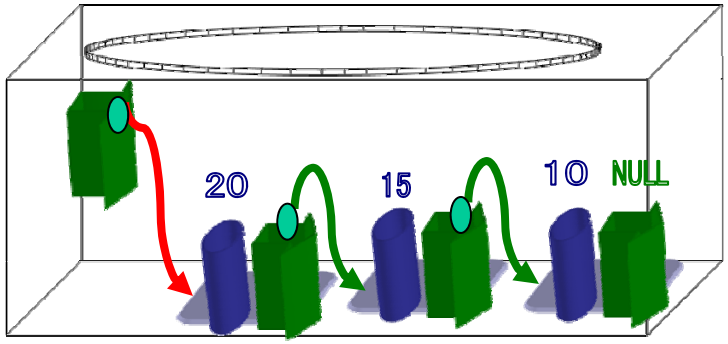
抽象データ型としてのスタック

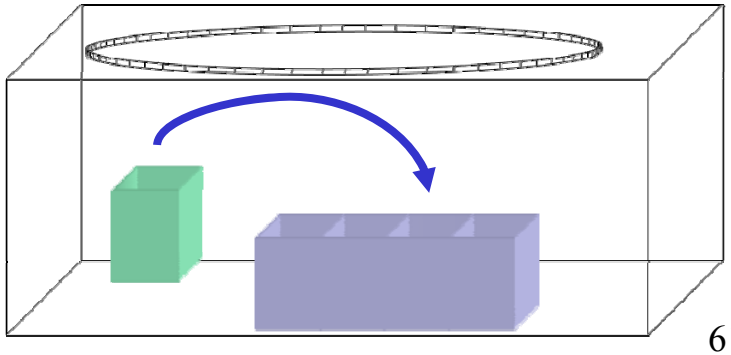


イメージ

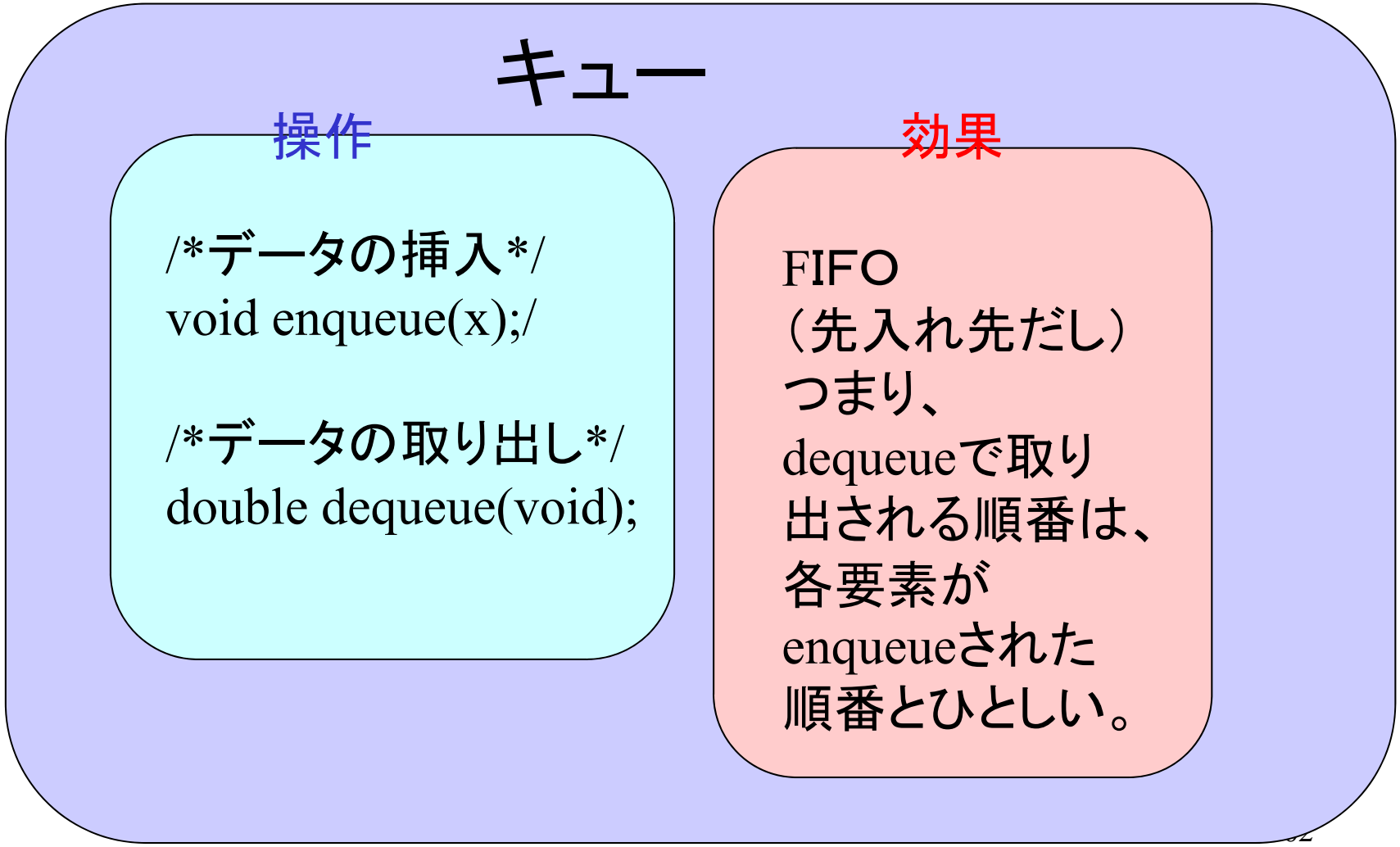


データ構造では、操作法とその効果だけが重要

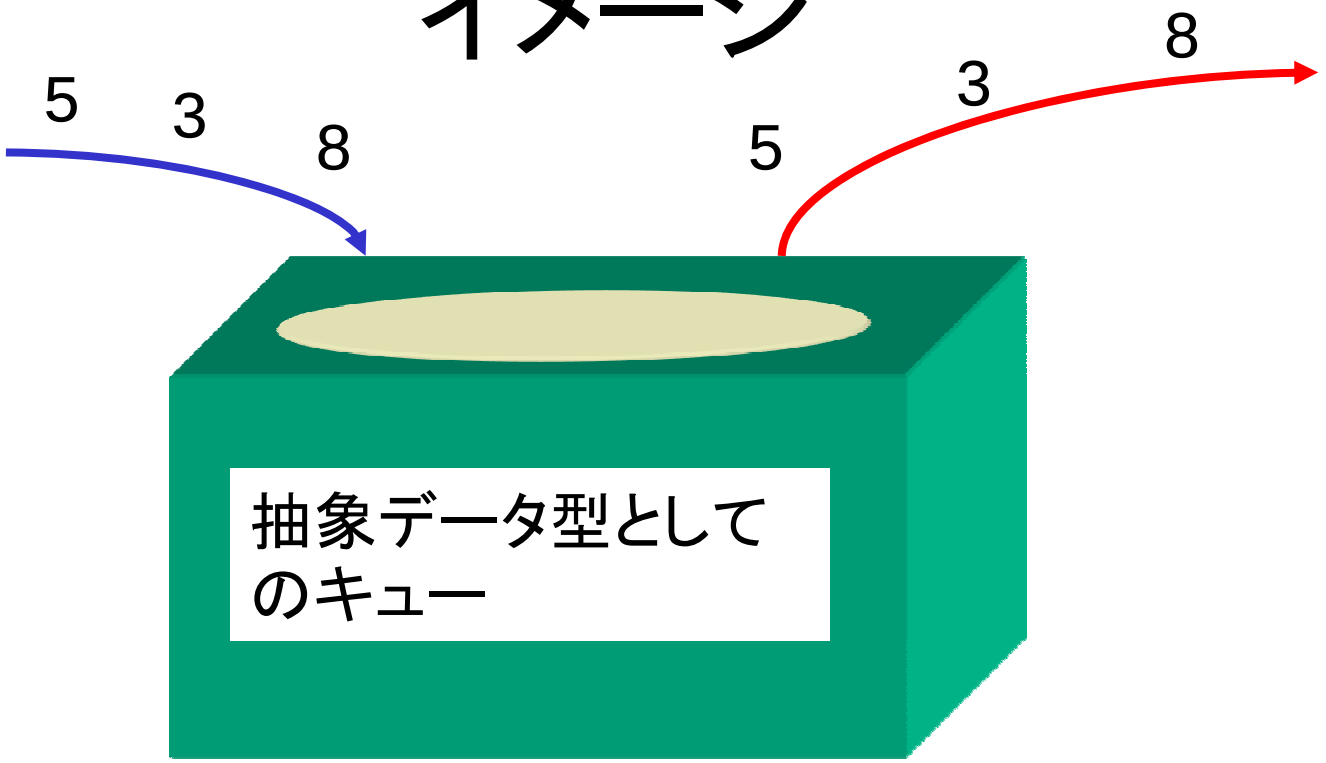


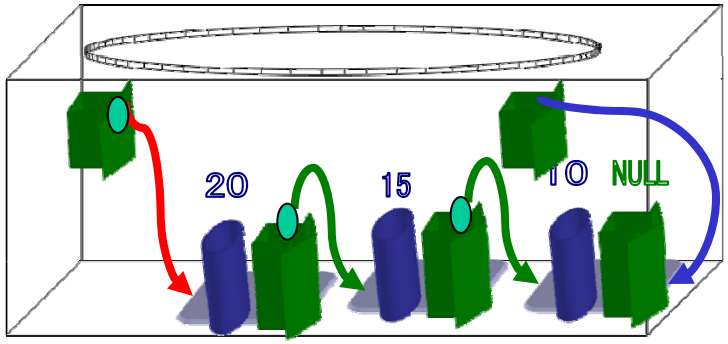


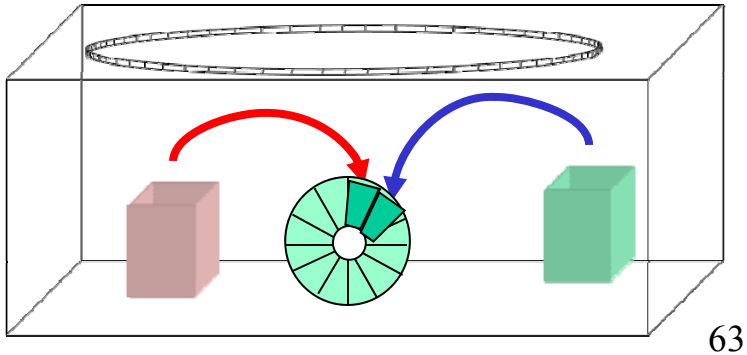
抽象データ型としてのキュー



イメージ







抽象データ型の利用

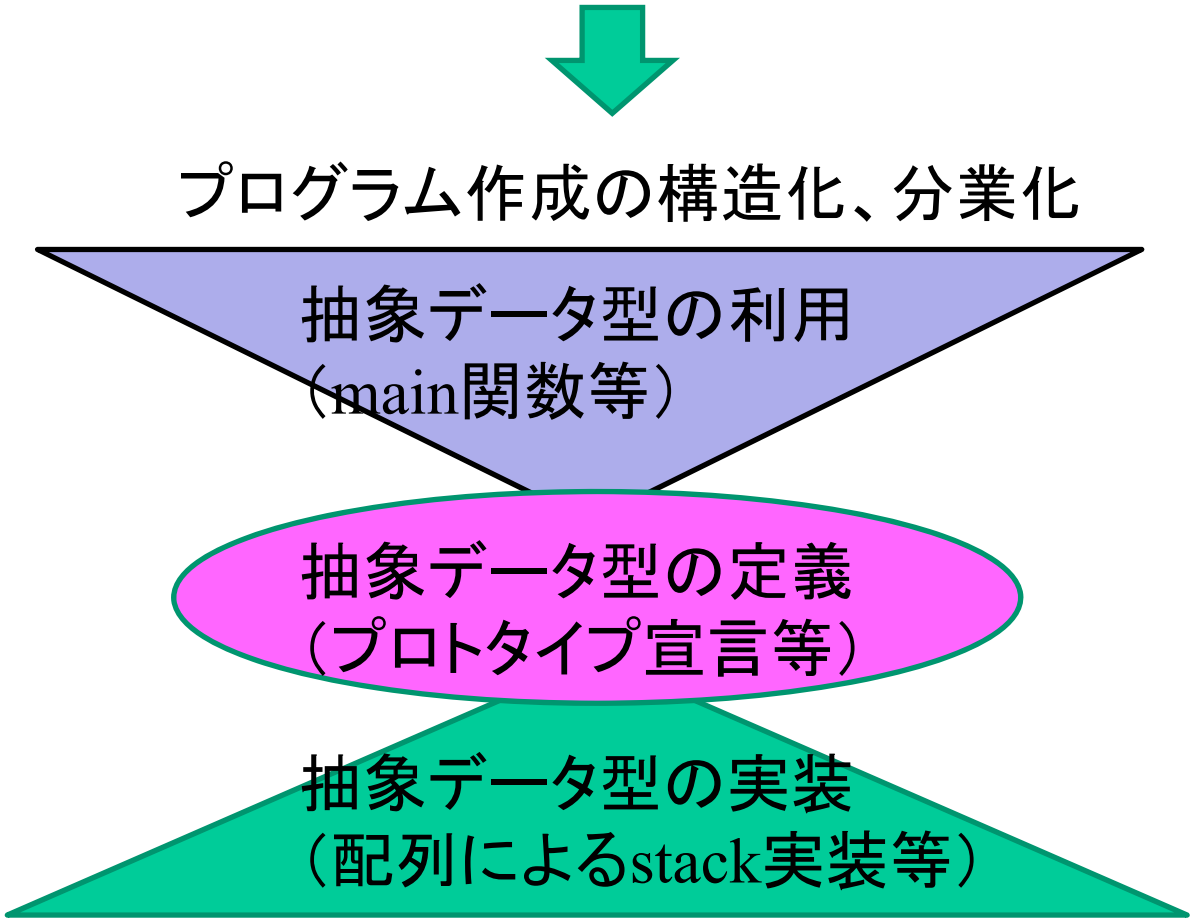
```
/*プロトタイプ宣言*/
/*連結リストによるスタック*/
void push( double);
double pop();
main()
{
     push(4);
     push(5);
    x=pop();
    y=pop();
}
```

```
/*プロトタイプ宣言*/
/*配列によるスタック*/
void push( double);
double pop();
main()
{
     push(4);
     push(5);
    x=pop();
    y=pop();
}
```

全く同一。

抽象データ構造の役割

データ構造の作成と利用の分離



プログラム作成の構造化、分業化